

# **PENGUNAAN *ACCELERATOR* PADA BETON ABU KETEL SEBAGAI UPAYA MEMPERCEPAT LAJU PENGKERASAN<sup>1</sup>**

*(The use of accelerator in Kettle-ash concrete as the effort of hardening accelerate)*

**Laksmi Irianti dan Eddy Purwanto<sup>2</sup>**

## **Abstrak**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efek variasi dosis *accelerator* sebanyak 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat air yang ditambahkan pada campuran beton mutu tinggi yang menggunakan abu ketel sebanyak 10% dari berat semen terhadap laju peningkatan kuat tekan dan kuat tarik beton. Penelitian ini menggunakan 120 buah sampel benda uji silinder berukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm dengan umur pengujian 3,7,14 dan 28 hari. Perancangan campuran (*mix design*) menggunakan metode ACI 2.1.1.4R-93, Pembuatan, perawatan dan pengujian benda uji dilakukan berdasarkan standar ASTM. Hasil penelitian menunjukkan, seiring meningkatnya persentase *accelerator* yang ditambahkan kedalam adukan beton : (1) Nilai *slump* semakin besar. (2) Waktu pengikatan awal dan akhir beton semakin cepat. (3) Walaupun tidak signifikan, nilai kuat tekan, dan kuat tarik beton yang diperoleh menjadi lebih besar dan yang maksimum didapat dari persentase penambahan *accelerator* sebesar 20 %.

# **THE USE OF ACCELERATOR IN KETTLE-ASH CONCRETE AS THE EFFORT OF HARDENING ACCELERATE**

**Laksmi Irianti and Eddy Purwanto<sup>2</sup>**

## **Abstract**

*This research is to know the effect various of accelerator at 0%, 5%, 15% and 20% from weight of water which is added in to mix of high concrete that use kettle ash 10% of weight of cement towards the accelerate of compressive strength, tensile strength. This research used 120 cylinder specimen with diameter of 10 cm and length 20 cm at age of test 3, 7, 14 dan 28 days. The mix design used ACI method 2.1.1.4 R-93, and maintenance and testing of specimen base on ASTM standard. The result of research shows that the increase percentage of accelerator which added in to mix of concrete as (1)The value of slump became higher. (2)The initial and final setting time were faster. (3)Although not significant the value of compressive and tensile strength of concrete were higher, and that the maximum value was found from additional accelerator 20%.*

---

<sup>1)</sup> Dibiayai oleh Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional

<sup>2)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung

## 1. PENDAHULUAN

Abu ketel merupakan limbah dari industri kelapa sawit, yang diperoleh dari pembakaran cangkang kelapa sawit didalam ketel pembakaran dengan suhu yang tinggi. Abu ketel dapat digunakan untuk bahan tambahan dalam campuran beton, hal ini karena abu ketel mempunyai kandungan *Silica Oxide* ( $\text{SiO}_2$ ) cukup banyak, dimana *Silica oxide* ini berperan penting dalam pembentukan *Calcium Silica Oxide* (CSH) yang berfungsi sebagai perekat setelah bereaksi dengan *Calcium Hydrat* (CH) yang merupakan sisi lemah dari Beton.

Laju pengerasan beton dengan penambahan abu ketel semakin lambat sehingga setelah beton berumur 28 hari proses hidrasi belum berakhir yang menyebabkan kekuatan beton masih terus meningkat setelah 28 hari, sehingga perlu ditambahkan *accelerator* agar beton lebih cepat mengalami proses hidrasi. Pada penelitian ini dicoba dengan menambah *accelerator* sampai 20% dari berat air, dengan harapan kekuatan beton pada umur 3-28 hari dapat mencapai kekuatan maksimum.

Menurut Dodson, *accelerator* ini mengandung kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) dimana kalsium klorida akan mengubah reaksi yang kompleks antara semen portland dan air. Kalsium klorida dapat dipandang sebagai katalis (segala sesuatu yang mengubah kecepatan reaksi tetapi bukan mengubah bagian dari reaksi itu) pada hidrasi semen portland. Kalsium sebagian digunakan selama hidrasi, diperkirakan bereaksi dengan trikalsium aluminat membentuk kalsium klorominat.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efek variasi dosis *accelerator* pada campuran beton mutu tinggi yang menggunakan abu ketel terhadap laju peningkatan kuat tekan dan kuat tarik beton mutu tinggi dengan abu ketel yang telah diberi *accelerator*.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental laboratorium. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Lampung, yang meliputi pengujian bahan dasar, rencana campuran, pembuatan benda uji, pengujian dan analisa hasil.

Pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus dan agregat kasar meliputi:

1. Pengujian kadar lumpur (ASTM C 33 – 93)
2. Pengujian analisis saringan (ASTM C 33 - 93)
3. Pengujian kadar air (ASTM C 566 - 89)
4. Pengujian berat jenis dan penyerapan air (ASTM C 128 - 93)
5. Pengujian kandungan zat organik pada pasir (ASTM C 40 – 92)
6. Pengujian *Los Angeles* (ASTM C.131 – 89)

Pengujian terhadap abu ketel dan semen, menggunakan data sekunder yaitu data yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Rencana campuran pada penelitian ini dilakukan berdasarkan metode ACI.2.1.1 4 R – 93 (*American Concrete Institute*), dengan nilai kuat tekan rencana sebesar 60 Mpa. Abu ketel yang digunakan sebagai pengganti sejumlah semen adalah 10 % dari berat semen dan *accelerator* yang digunakan pada campuran sebesar 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, dan 20 % dari berat air serta *superplasticizer* sebesar 1,5% dari berat semen.

Sebelum pembuatan benda uji, bahan – bahan yang akan digunakan dalam campuran ditimbang terlebih dahulu sesuai dengan yang direncanakan, adapun tahapan dalam pembuatan benda uji. Dibuat benda uji silinder dengan 5 type campuran yaitu dengan variasi *accelerator* 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, setiap type dibuat 24 buah sampel masing-masing 12 buah untuk pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas, 12 buah untuk pengujian kuat tarik, jumlah benda uji silinder sebanyak 120 buah, yang diuji pada umur 28 hari perawatan.

### 2.1 Pengujian Setting Time (Waktu Pengikatan)

Pengujian waktu pengikatan dilakukan pada masing – masing type campuran yang sesuai dengan ASTM C 403 – 92 dengan urutan pekerjaan sebagai berikut :

1. Memisahkan mortar dari adukan beton dengan cara menyaring beton menggunakan saringan no.4 kedalam wadah yang tidak menyerap.
2. Setelah diadakan pengadukan, mortar dimasukkan kedalam wadah yang telah disiapkan dengan tinggi paling sedikit 5,5 in (140 mm).
3. Mengukur temperatur udara saat mulai dan selesai dilakukan pengujian, kemudian dicatat.
4. Membuang air yang ada pada permukaan mortar dengan menggunakan pipet jika terdapat air.
5. Melakukan uji penetrasi dengan menurunkan jarum penetrasi terhadap mortar uji, sampai kedalaman  $1 \pm 1/16$  in, dengan lama waktu sampai mencapai penetrasi 1 in sebaiknya  $10 \pm 2$  detik.
6. Pengujian dilakukan pada saat 3 atau 4 jam setelah kontak awal antara semen dan air. Mencatat gaya perlawanan penetrasi dan lama waktu yang telah dilalui setelah kontak awal antara air dan semen pada saat pengujian.
7. Melakukan pengujian lagi dengan selang waktu sekitar setengah jam setelah pengujian sebelumnya hingga tercapai waktu pengikatan awal dan pengikatan akhir, dengan catatan jarak lubang pengujian dalam satu sampel dengan pengujian yang lain tidak kurang dari dua kali diameter jarum penetrasi dan tidak lebih kecil dari 1/2 in. Sedangkan jarak lubang pengujian dengan pinggir wadah tidak lebih kecil dari 1 in.

### 2.2 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari pengujian ini menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*) dengan kapasitas 100 ton. Sebelum diuji, benda uji silinder ditimbang terlebih dahulu, kemudian pada permukaan atas sampel dilakukan *capping* menggunakan belerang, agar permukaan yang akan dibebani menjadi rata, sehingga beban dapat tersebar merata pada seluruh permukaan.

Adapun pengujian kuat tekan dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Meletakkan silinder beton tegak (berdiri) pada plat bawah.
2. Kemudian dilakukan pembebanan (tekan) dengan kecepatan 250 Kg/detik.
3. Beban maksimum dicatat ketika silinder beton pecah.

### 2.3 Pengujian Kuat Tarik Beton

Pengujian kuat tarik dilakukan pada umur beton 3, 7, 14 dan 28 hari, yaitu dengan cara benda uji diletakkan mendatar dengan bagian atas dan bawah benda uji dilapisi triplek, dengan tebal 5 mm, lebar 50 mm dan panjang 20 mm, dengan maksud agar beban terpusat yang diberikan menjadi beban merata sepanjang silinder. Kemudian dilakukan

pembebanan seperti pada uji tekan dengan kecepatan pembebanan 250 kg /dtk. Pada saat benda uji terbelah beban maksimum dicatat (ASTM C.496 – 90).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian Keleccakan (*SlumpTest*)

Setelah adukan beton tercampur dengan merata, dilakukan pengujian keleccakan (*slump test*) dengan menggunakan kerucut *Abrams* untuk mengetahui tingkat kemudahan pekerjaan atau keleccakan dari adukan tersebut. Hasil pengujian *slump* untuk masing-masing tipe campuran dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Slump

| Type Campuran | %<br><i>Accelerator</i> | %<br>Abu Ketel | Nilai Slump (mm) |
|---------------|-------------------------|----------------|------------------|
| BAK           | 0                       | 10             | 15               |
| BAKA – 5      | 5                       | 10             | 17.5             |
| BAKA – 10     | 10                      | 10             | 20               |
| BAKA – 15     | 15                      | 10             | 22.5             |
| BAKA – 20     | 20                      | 10             | 25               |

Dari Tabel 3.1 terlihat bahwa nilai *slump* semakin bertambah seiring kenaikan persentase *accelerator*, hal ini disebabkan karena *accelerator* digunakan sebagai bahan tambahan yang penggunaannya tidak mengurangi jumlah air, sehingga terdapat penambahan jumlah zat cair dalam adukan, selain itu juga *accelerator* yang digunakan memiliki sifat *plasticizing* yang dapat meningkatkan keleccakan adukan.

#### 3.2 Waktu Pengikatan (*Setting Time*) Beton

Percobaan waktu pengikatan ini adalah untuk mengetahui waktu ikat awal dan waktu ikat akhir beton. Pembuatan benda uji menggunakan adukan beton yang telah dibuat sebelumnya. Setelah dilakukan pengujian didapat hasil seperti pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Waktu Pengikatan Awal dan Akhir Beton

| Tipe Campuran | Waktu Pengikatan Awal<br>(menit) | Waktu Pengikatan Akhir<br>(menit) |
|---------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| BAK           | 400                              | 698                               |
| BAKA – 5      | 257                              | 579                               |
| BAKA – 10     | 214                              | 424                               |
| BAKA – 15     | 187                              | 314                               |
| BAKA – 20     | 151                              | 263                               |

Dari Tabel 3.2 tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penambahan *accelerator* yang ditambahkan pada adukan beton abu ketel akan mempercepat waktu ikatan awal dan juga mempercepat waktu ikatan akhir beton hal ini sesuai dengan semakin banyak menggunakan *accelerator* akan semakin banyak pula kalsium klorida yang terkandung yang juga akan merpercepat pengerasan pada beton dengan kata lain bahwa laju pengerasan pada beton semakin cepat.

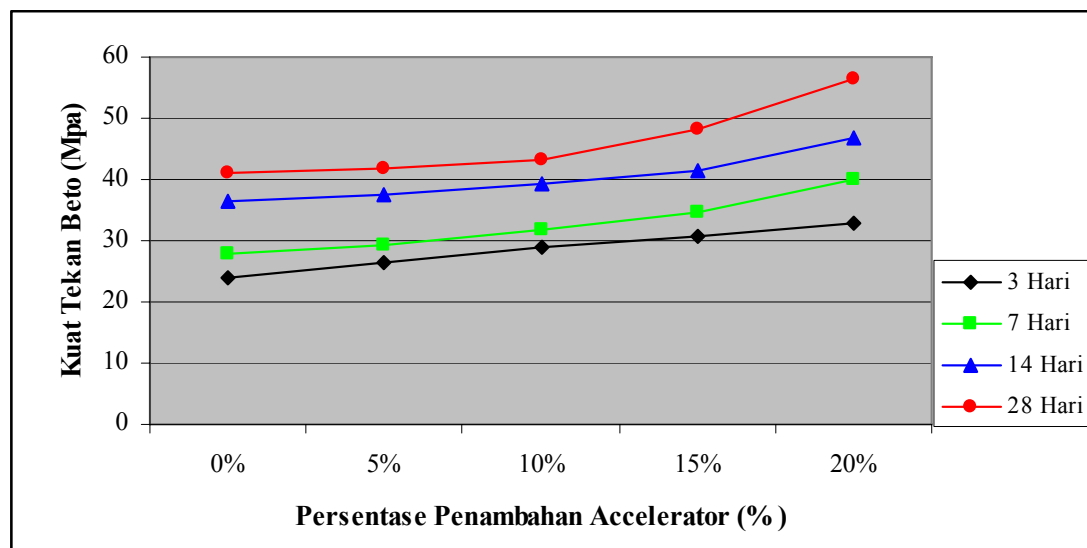
### 3.3 Kuat Tekan Beton

Pada pengujian kuat tekan beton didapat data beban maksimum (P) pada saat benda uji runtuh, selanjutnya data tersebut dianalisis dengan menggunakan persamaan yang ada Hasil pengujian kuat tekan beton untuk masing-masing tipe campuran dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kuat Tekan Beton

| Tipe Campuran | Kuat Tekan Beton, $f'_c$ (Mpa) |           |                            |           |                            |           |                            |           |
|---------------|--------------------------------|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
|               | Umur 3 hari                    | Rata-rata | Umur 7 hari                | Rata-rata | Umur 14 hari               | Rata-rata | Umur 28 hari               | Rata-rata |
| BAK           | 23,551<br>24,201<br>24,361     | 24,038    | 27,970<br>27,948<br>27,697 | 27,872    | 36,712<br>36,250<br>36,831 | 36,598    | 41,558<br>41,104<br>40,856 | 41,173    |
| BAKA – 5      | 26,832<br>26,533<br>25,426     | 26,264    | 28,202<br>29,709<br>29,530 | 29,147    | 37,932<br>37,292<br>37,436 | 37,553    | 42,199<br>41,902<br>41,588 | 41,896    |
| BAKA – 10     | 29,261<br>29,131<br>28,632     | 29,008    | 31,553<br>31,499<br>32,216 | 31,756    | 38,652<br>38,522<br>40,315 | 39,163    | 43,869<br>42,910<br>42,562 | 43,114    |
| BAKA – 15     | 31,076<br>30,773<br>30,459     | 30,769    | 33,692<br>34,439<br>35,612 | 34,581    | 41,322<br>41,467<br>41,286 | 41,358    | 51,218<br>49,518<br>44,298 | 48,342    |
| BAKA – 20     | 32,730<br>32,981<br>33,187     | 32,966    | 39,036<br>40,082<br>40,654 | 39,924    | 47,143<br>46,934<br>46,502 | 46,863    | 58,889<br>55,623<br>54,502 | 56,338    |

Dari Tabel 3.3 dapat dibuat grafik hubungan kuat tekan beton dengan persentase penambahan *accelerator*, yang dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Persentase Penambahan *Accelerator*

Dari Tabel 3.3 dan Gambar 3.1 terlihat adanya kenaikan kuat tekan pada beton abu ketel yang menggunakan *accelerator* dibandingkan beton abu ketel tanpa *accelerator*. Ini terjadi karena abu ketel dapat membuat adukan beton menjadi lebih kental dan kuat, walaupun laju pengerasan menjadi lambat. Kemudian dengan penambahan *accelerator* laju pengerasan beton menjadi semakin cepat, hal ini membuat kuat tekan untuk hari pengujian yang sama pada beton abu ketel yang menggunakan *accelerator* bisa lebih besar.

Namun dapat dilihat juga bahwa peningkatan yang terjadi tidak signifikan, dan hanya pada persentase penambahan *accelerator* sebesar 20% yang mampu memberikan kekuatan hampir mencapai kuat tekan rencana (60 Mpa) yaitu sebesar 56,338 Mpa pada umur 28 hari. Hal ini disebabkan karena kecilnya jumlah *accelerator* yang ditambahkan pada adukan sehingga belum dapat mengimbangi pengaruh sifat bahan *pozzolan* pada abu ketel.

Pada benda uji tanpa *accelerator* (BAK), kuat tekan yang diperoleh pada umur 28 hari hanya mencapai 41,173 Mpa atau 68,622 % dari kuat tekan rencana. Bila dibandingkan dengan hasil pada penelitian sebelumnya, pada persentase abu ketel yang sama yaitu 10 % dari berat semen, kuat tekan yang didapat mencapai 93,56 % dari kuat tekan rencana, maka hasil yang didapat pada penelitian ini jauh lebih kecil, hal ini mungkin dikarenakan perbedaan kualitas abu ketel yang digunakan, adanya penurunan kualitas, kondisi ini dipengaruhi oleh keadaan lapangan (pabrik), mengingat rentang waktu penelitian yang cukup lama, sehingga ada kemungkinan terjadi perbedaan kualitas abu ketel yang digunakan.

### 3.4 Kuat Tarik Beton

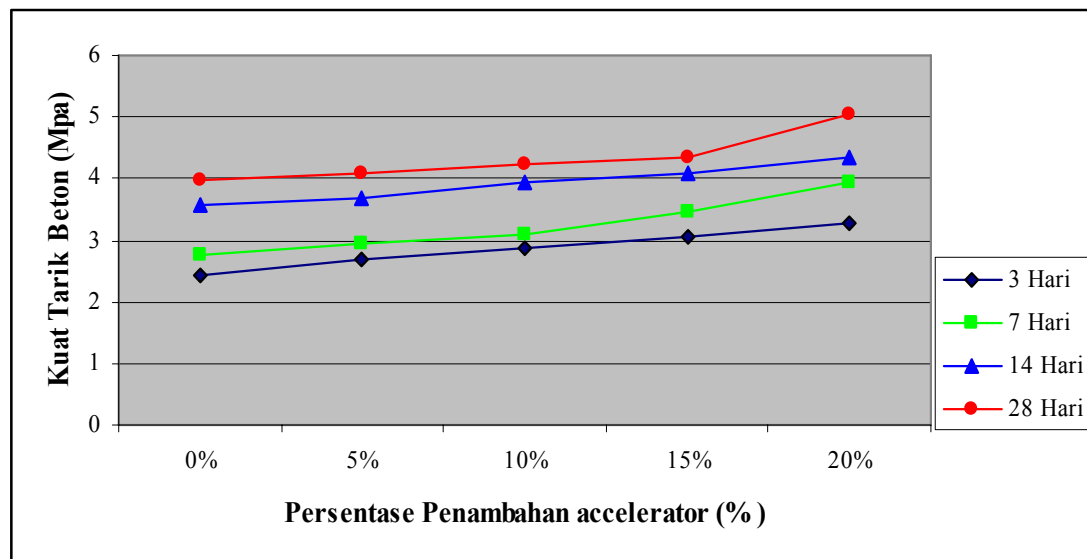
Pengujian kuat tarik beton dilakukan dengan memberi beban tekan pada benda uji silinder pada arah memanjang, sehingga didapat kuat tarik belah. Data yang didapat adalah beban maksimum (P) pada saat benda uji terbelah, kemudian data tersebut dianalisis dengan menggunakan persamaan kuat tarik. Hasil pengujian kuat tarik beton juga dikoreksi terlebih dahulu dengan mengacu pada faktor koreksi pada kuat tekan beton. Hasil pengujian kuat tarik beton untuk masing-masing tipe campuran dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Kuat Tarik Beton

| Tipe Campuran | Kuat Tarik Beton, $f_{ct}$ (Mpa) |           |                         |           |                         |           |                         |           |
|---------------|----------------------------------|-----------|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------|
|               | Umur 3 hari                      | Rata-rata | Umur 7 hari             | Rata-rata | Umur 14 hari            | Rata-rata | Umur 28 hari            | Rata-rata |
| BAK           | 2,393<br>2,420<br>2,423          | 2,412     | 2,733<br>2,754<br>2,811 | 2,766     | 3,567<br>3,569<br>3,599 | 3,578     | 3,938<br>3,961<br>3,978 | 3,959     |
| BAKA – 5      | 2,687<br>2,688<br>2,699          | 2,691     | 2,920<br>2,934<br>2,939 | 2,931     | 3,628<br>3,658<br>3,768 | 3,685     | 4,015<br>4,120<br>4,159 | 4,098     |
| BAKA – 10     | 2,814<br>2,890<br>2,907          | 2,870     | 3,052<br>3,099<br>3,147 | 3,099     | 3,875<br>3,913<br>4,038 | 3,942     | 4,206<br>4,226<br>4,285 | 4,239     |
| BAKA – 15     | 2,981<br>3,076                   | 3,050     | 3,556<br>3,374          | 3,473     | 4,039<br>4,161          | 4,087     | 4,325<br>4,327          | 4,330     |

| Tipe Campuran | Kuat Tarik Beton, $f'_{ct}$ (Mpa) |           |             |           |              |           |              |           |
|---------------|-----------------------------------|-----------|-------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
|               | Umur 3 hari                       | Rata-rata | Umur 7 hari | Rata-rata | Umur 14 hari | Rata-rata | Umur 28 hari | Rata-rata |
|               | 3,093                             |           | 3,489       |           | 4,062        |           | 4,338        |           |
| BAKA – 20     | 3,241                             | 3,261     | 3,835       | 3,934     | 4,242        | 4,361     | 4,421        | 5,056     |
|               | 3,271                             |           | 3,915       |           | 4,371        |           | 5,368        |           |
|               | 3,271                             |           | 4,052       |           | 4,470        |           | 5,380        |           |
|               |                                   |           |             |           |              |           |              |           |

Dari Tabel 3.6 dapat dibuat grafik hubungan kuat tarik beton dengan persentase penambahan *accelerator*, yang terlihat pada Gambar 3.4



Gambar 3.2 Grafik Hubungan Kuat Tarik Beton dengan Persentase Penambahan *Accelerator*

Dari Tabel 3.4 dan Gambar 3.2 terlihat juga adanya kenaikan nilai kuat tarik pada beton abu ketel yang menggunakan *accelerator* dibandingkan beton abu ketel tanpa *accelerator*. Namun sama dengan kuat tekan, kenaikan nilai kuat tarik belah ini tidak signifikan, tetapi masih berada antara 9% - 15 % dari nilai kuat tekan, yang berarti masih sesuai dengan teori.

## 4 KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di laboratorium dan analisa hasil, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin besar jumlah *accelerator* yang ditambahkan kedalam adukan semakin besar nilai *slump* yang didapat. Hal ini dikarenakan penambahan *accelerator* tidak mengurangi jumlah air dalam adukan, serta adanya sifat *plasticizing* didalam *accelerator* yang dapat menambah kelecakan adukan.
2. Semakin besar persentase *accelerator* yang ditambahkan pada adukan semakin cepat pula waktu pengikatan awal dan akhir beton. Hal ini sesuai dengan fungsi *accelerator* yaitu mempercepat laju pengerasan.

3. Penggunaan abu ketel terbukti mampu meningkatkan kekuatan beton dengan menciptakan adukan beton yang lebih kental dan kuat, kemudian dengan penambahan *accelerator* laju pengerasan beton menjadi lebih cepat, sehingga beton mampu mencapai kekuatan yang lebih besar untuk hari pengujian yang sama bila dibandingkan dengan beton abu ketel tanpa *accelerator*.
4. Secara umum semakin besar persentase *accelerator* yang ditambahkan pada adukan nilai kuat tekan yang didapat menjadi lebih besar. Namun peningkatan yang terjadi tidak terlalu signifikan. Bila dibandingkan dengan beton abu ketel tanpa *accelerator* (BAK), kuat tekan pada beton abu ketel yang menggunakan *accelerator* (BAKA) lebih besar, yaitu mencapai 36,832 % untuk BAKA-20.
5. Kuat tarik beton abu ketel dengan *accelerator* secara umum juga lebih besar seiring dengan peningkatan persentase *accelerator*. Bila dibandingkan dengan beton abu ketel tanpa *accelerator* (BAK), kuat tarik pada beton abu ketel yang menggunakan *accelerator* (BAKA) lebih besar, yaitu mencapai 27,709 % untuk BAKA-20.

#### 4.2 Saran

1. Secara umum penggunaan *accelerator* dapat membantu mempercepat pengerasan, sehingga kekuatan yang lebih besar lebih cepat didapatkan, namun kadar/persentase yang optimum ataupun ekonomis masih perlu diteliti lagi, khususnya untuk beton abu ketel mutu tinggi.
2. Karena pada beton mutu tinggi rasio air semennya kecil dan penggunaan *accelerator* tergantung dari jumlah air, perlu kiranya dilakukan penelitian untuk persentase penambahan *accelerator* diatas 20 %.
3. Perlu juga dilihat apakah kekuatan beton abu ketel dengan penambahan *accelerator* diatas 28 hari (56 hari) akan terus meningkat

#### DAFTAR PUSTAKA

- Annual Book of ASTM Standart. 1994. *Concrete and Aggregates*. American Society for Testing and Materials. Philadelphia.
- Diphohusodo, Istimawan. 1996. *Struktur Beton Bertulang*. PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Dodson, V. *Concrete Admixture*. Struktur Enggenering series.
- Irianti, Laksmi. *Pengaruh Abu Ketel Sebagai Bahan Tambahan Dalam Desain Beton Mutu Tinggi*. Jurnal Penelitian Rekayasa Sipil dan Perencanaan, No 2, Juni 1999.
- SK SNI T-15-1991-03. 1991. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Departemen Pekerjaan Umum. Yayasan LPMB. Bandung.
- Troxell, George Earl, Harmer E. Davis. 1956. *Composition and Properties of Concrete*. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York.
- Wahyudi, L. dan Syahril A.Rahim. 1999. *Struktur Beton Bertulang Standar Baru SNI T-15-1991-03*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.